

DISPONIBILIDADES CALORICAS REGIONALES PARA DIFERENTES CULTIVOS EN LA ARGENTINA

E. A. Damario y A. J. Pascale (1)

Recibido: 22/7/82

Aceptado: 24/11/82

RESUMEN

Se analizan las aptitudes agroclimáticas regionales de la Argentina en relación con la exigencia calórica de los diferentes grupos bioclimáticos de cultivos, de acuerdo con la iniciación y duración de los bioperiodos térmicos sobre 5°, 10° y 15°C, así como por las temperaturas efectivas acumuladas durante los mismos y en el período libre de heladas. Se presenta en cada caso la cartografía respectiva.

REGIONAL HEAT AVAILABILITIES FOR CROPS IN ARGENTINA

SUMMARY

Regional agroclimatic aptitude in Argentina for the bioclimatic groups of crops as related to their heat requirements is analyzed on the basis of beginning and length of termic bioperiods above 5°, 10° and 15°C. The cumulative effective temperatures during the aforementioned periods as well as during the frost-free period are also analyzed. Charts showing the respective values are presented.

INTRODUCCION

La actividad vegetativa de los cultivos anuales estivales o de los perennes con reposo invernal, se inicia en primavera después que la temperatura del aire supera cierto umbral de intensidad que estimula la multiplicación celular y el rápido progreso de los nuevos tejidos. A partir de ese momento, la magnitud de las temperaturas actuantes regulará la intensidad del crecimiento, el cual se anulará nuevamente después que se vuelva a disminuir el referido nivel térmico en la rama descendente de la termofase positiva anual.

Para los cultivos anuales invernales y los perennes de brotación muy temprana, las temperaturas umbrales de crecimiento resultan sensiblemente inferiores, desde el momento que la actividad vegetativa de estas especies puede producirse aún en plena termofase negativa.

Estos niveles o umbrales térmicos de crecimiento que se usan con sentido bio o agroclimático, se refieren a temperaturas medias diarias y por consiguiente diferirán con aquellos que pudieran derivarse de estudios fisiológicos.

Aunque existen diferencias específicas y varietales, es corriente aceptar un solo um-

-
- (1) Cátedras de Climatología y Fenología Agrícolas de las Facultades de Agronomía de la Universidad Nacional de La Plata, 60 y 118 (1900) La Plata y Universidad de Buenos Aires, Av. San Martín 4453 (1417) Buenos Aires, respectivamente.

bral térmico de crecimiento para cada grupo bioclimático de cultivo. Así, el de 5°C se usa para cultivos anuales invernales que tienen la menor temperatura inicial de crecimiento, donde se incluyen: cereales, (trigo, avena, cebada, centeno), hortalizas (repollo, espinaca, perejil, haba, arveja, lenteja), forrajeras (pasto ovillo, agropiro, tréboles, vicias) e industriales (lino, colza). Otros cultivos hortícolas como: cebolla, ajo, papa, lechuga, etc. inician su actividad vegetativa a temperaturas algo superiores, constituyendo el grupo denominado de estación intermedia, al que se asigna 5°C ó 10°C como nivel, según la época de cultivo.

Para los cultivos anuales estivales se utilizan varios umbrales térmicos que van desde los 10°C o poco menos, para las especies de menor exigencia calórica, hasta 15°C o más para aquellas decididamente megatérmicas. Entre los primeros pueden citarse: girasol, arroz, tomate, zapallito, maíz, mijo, poroto, alfalfa peruana, sorgo forrajero, etc. Entre los que requieren alta temperatura para iniciar un crecimiento activo, pueden citarse: alfalfa común, soja, sorgo granífero, tabaco, caña de azúcar, algodonero, melón, batata, berenjena, pasto elefante, pasto pangola, caupí, etc.

Para los frutales, se acepta que el nivel térmico de brotación se extiende desde los 10°C, como en el caso de los criófilos de floración temprana (almendro, ciruelo) pasando por los criófilos de floración más tardía (manzano, vid), hasta los 15°C que podría ser el nivel a considerar para los termófilos (citrus, mango, palma datilífera, etc.).

Una ampliación de la nómina de especies agrícolas pertenecientes a cada grupo señalado, podrá encontrarse en: U.S. Dept. Agr., 1941; Papadakis, 1954; Venstkevich, 1961; FAO, 1978.

El lapso del termoperíodo anual con temperaturas medias diarias superiores a 5°C fue denominado "bioperíodo" por Daigo (1957), considerándolo para el Japón como sinónimo de período vegetativo, pues a partir de ese nivel térmico se produce allí el des-

pertar anual de la mayor parte de las formas de vida. Por extensión de esta denominación podrá hablarse de un "bioperíodo de 5°C" cuando tal sea el valor inicial de crecimiento de un cultivo, o de un "bioperíodo de 10°C" o un "bioperíodo de 15°C", cuando se trate de cultivos térmicamente más exigentes.

La limitación que significa para la vida vegetal la ocurrencia de heladas perjudiciales admitiría establecer, también, un "bioperíodo libre de heladas", cuya duración incluirá o excederá a los anteriores según las características de cada régimen térmico. Este bioperíodo, que se extiende entre las fechas medias de últimas y primeras heladas, deberá adoptarse como período efectivo de crecimiento para todos aquellos cultivos sensibles a heladas aunque sus umbrales térmicos señalen períodos vegetativos más prolongados.

El conocimiento de la ubicación temporal y de la duración de los diversos bioperíodos térmicos y el de las disponibilidades calóricas acumuladas para uso de la vegetación durante los mismos, son elementos de juicio útiles para valorar las aptitudes agroclimáticas regionales. Obviamente, esta valoración se refiere a la duración y disponibilidad calórica en el período vegetativo sin considerar otros aspectos bioclimáticos que puedan incidir desfavorablemente, tales como: temperaturas extremas adversas, falta de humedad suficiente, fotoperíodos inadecuados, etc.

En este trabajo se analizan las características regionales que presentan esos aspectos agroclimáticos en el territorio continental de la Argentina, mediante la cartografía referente a: fechas medias de comienzo y fin de los bioperíodos de 5°, 10° y 15°C, sus duraciones en días, así como las temperaturas efectivas sobre iguales temperaturas base acumuladas durante los mismos y durante el período libre de heladas. Esta cartografía complementa la publicada en un estudio anterior de los autores (Damario y Pascale, 1974), referente a la agroclimatología argentina de las sumas de temperaturas efectivas mensuales y anuales.

MATERIALES Y METODOS

El material climático utilizado consistió en las temperaturas medias mensuales de 118 estaciones meteorológicas argentinas, derivadas como semisumas de las temperaturas máximas y mínimas medias mensuales para series de 20 a 30 años de extensión (Argentina, SMN, 1958 y 1972a y b).

Las fechas medias de comienzo y fin de los bioperíodos de 5°, 10° y 15°C en cada una de las 118 localidades, fueron determinadas por simple interpolación rectilínea entre las temperaturas medias mensuales incluyentes de cada nivel, supuestamente ubicadas en los días 15 de cada mes. Estas fechas se puntearon sobre mapas a escala 1: 5.000.000 y se trazaron las isolíneas para los días 1°, 11 y 21 de cada mes. A partir de las cartas de comienzo y finalización de cada bioperíodo, se dedujeron las respectivas cartas de duración en días.

El cómputo de las sumas de temperaturas efectivas durante los bioperíodos así delimitados, se efectuó según el método de estimación propuesto por los autores (Damario y Pascale, 1971), que presenta la ventaja de ofrecer valores promedios corregidos en función de la variabilidad interanual de las temperaturas medias y de las amplitudes térmicas mensuales.

El trazado de las cartas referentes a duración de los bioperíodos de 10° y 15°C libres de heladas, se basó en la información de fechas medias de primeras y últimas temperaturas mínimas de 0°C o inferiores, presentada en un trabajo anterior sobre temperaturas perjudiciales para los cultivos (Damario y Pascale, 1973).

RESULTADOS Y DISCUSION

1. Duración y disponibilidad calórica del bioperíodo de 5°C

Las cartas de la Figura 1 muestran las fechas medias de comienzo y de finalización

del bioperíodo de 5°C, mientras que su duración en días y la suma de temperaturas efectivas sobre 5°C acumuladas durante el mismo, se presentan en la Figura 2.

Es interesante comprobar como casi todo el territorio continental argentino presenta, en este aspecto, ilimitadas posibilidades para el cultivo de especies de bajo nivel térmico inicial de crecimiento, pues solamente la región patagónica manifiesta bioperíodos de 5°C con duración inferior a los 365 días, con un mínimo de alrededor de 210 días en Islas Malvinas. Dentro de tan prolongado bioperíodo, la posibilidad final de realizar tales cultivos quedará supeditada a las magnitudes que presenten regionalmente otros elementos bioclimáticos.

Con referencia a la disponibilidad calórica, la figura 2 (b) muestra que en la extensa región donde este bioperíodo es continuo todo el año, la suma de temperaturas efectivas sobre 5°C totaliza desde 6.500° en el norte hasta 3.000° en el límite sur. Esto representa una disponibilidad elevada y, tanto es así, que puede afirmarse que las limitaciones térmicas para ciertos cultivos invernales en esta parte del país, no se deben a carencia de calor sino, por lo contrario, a la falta de frío en cantidad suficiente para satisfacer las necesidades del período de vernalización. Por este motivo, el cultivo de cereales invernales se concentra en la región centro-oriental del país donde, merced a siembras otoño-invernales, pueden completar sus exigencias en bajas temperaturas y disponer igualmente del calor necesario para desarrollar y lograr la maduración de sus granos.

En la región patagónica, las reducidas sumas térmicas están señalando la dificultad que encuentran estos cultivos para completar su ciclo, que resulta prácticamente imposible en la zona con menos de 2.000°C.

2. Duración y disponibilidad calórica del bioperíodo de 10°C

Las cartas de las Figuras 3 (a y b) y 4 (a y b) muestran, respectivamente, las fechas medias de comienzo y fin, la duración en

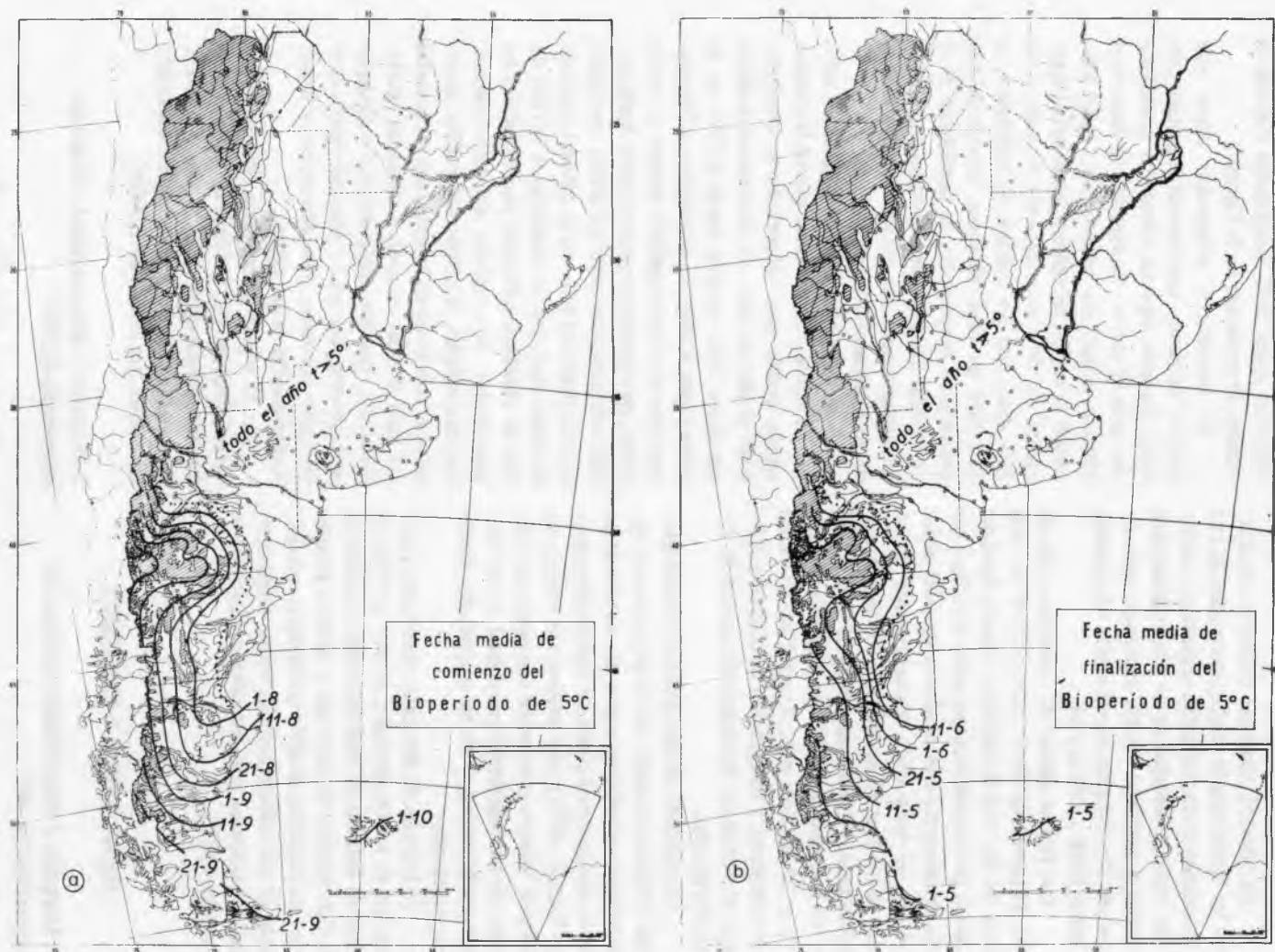


Figura 1: Bioperíodo de 5°C. a) Fecha media de comienzo; b) Fecha media de finalización.

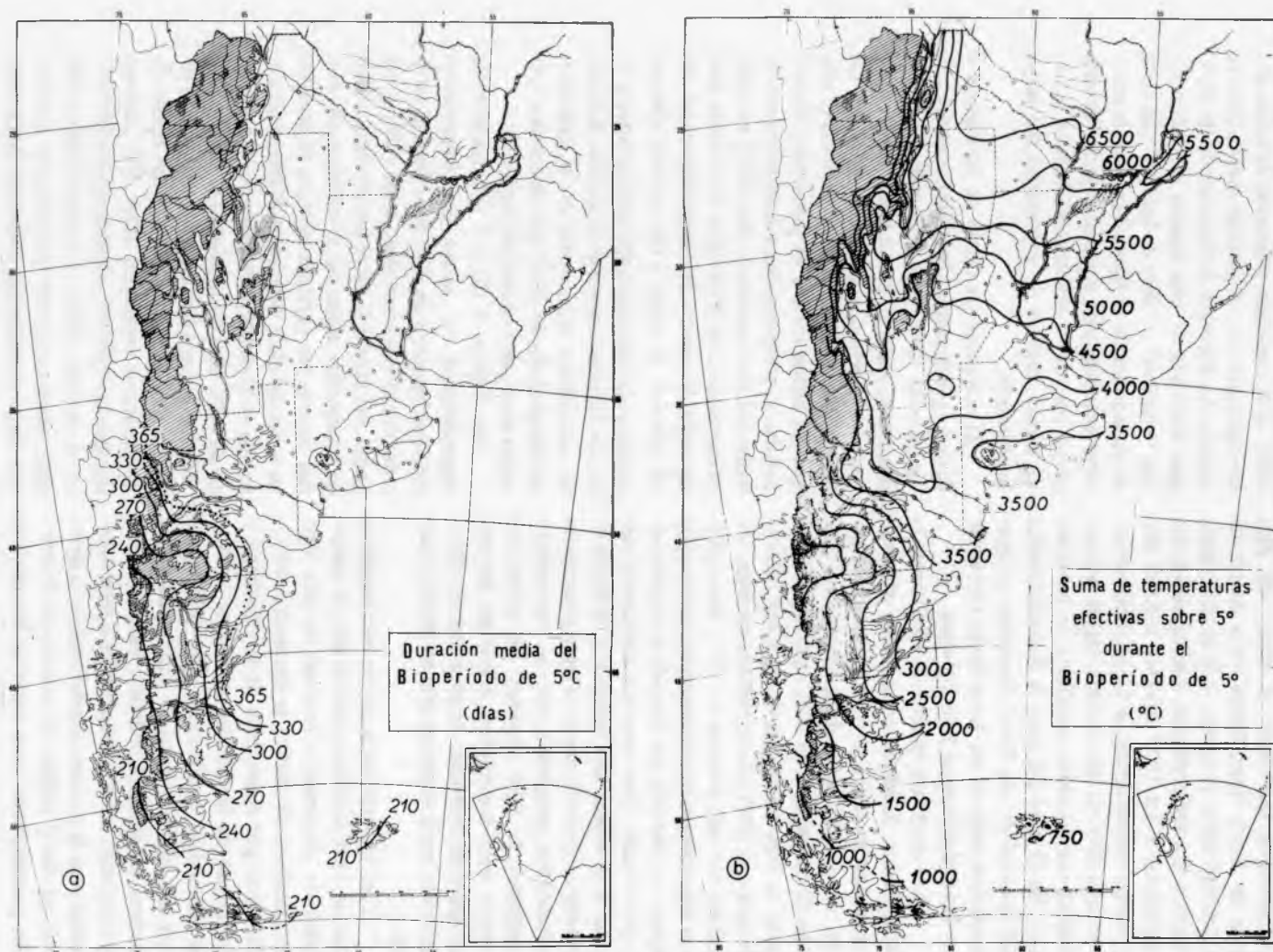


Figura 2: Bioperíodo de 5°C. a) Duración media en días; b) Suma de temperaturas efectivas sobre 5°C.

días y la suma de temperaturas efectivas sobre 10°C, del bioperíodo de 10°C. Puede comprobarse que desde el centro del país (sur de Entre Ríos, Santa Fe y centro de Córdoba) hacia el norte, toda la parte llana dispone de temperaturas medias mensuales superiores a los 10°C durante todo el año y, como consecuencia, el bioperíodo respectivo adquiere en esa extensa región septentrional una favorable condición de continuidad. En el resto del país, la duración media del bioperíodo de 10°C disminuye progresivamente hacia el sur hasta llegar a anularse en Tierra del Fuego e Islas Malvinas.

Si se considera el nivel de 10°C como la temperatura inicial de crecimiento para cultivos anuales estivales poco exigentes en calor, en aquella parte de la región con 365 días de bioperíodo de 10°C, que además dispone de baja frecuencia de años con heladas (inferior al 40%) y temperaturas mínimas absolutas no más intensas de -2°C, tales cultivos dispondrían térmicamente de una amplia época de siembra, no limitada a período alguno del año. Esta zona que comprende casi toda la provincia de Corrientes y la banda ribereña de las de Formosa y Chaco presentaría condiciones especiales para un crecimiento continuo de tales especies. En efecto, en ciertas áreas formoseñas, donde las disponibilidades de humedad lo permiten, el cultivo del maíz suele realizarse aún en pleno invierno.

Para el resto de la región con bioperíodos de 10°C continuo todo el año, la posibilidad de crecimiento invernal de este tipo bioclimático de cultivo se encuentra reducida, tanto por el aumento de la intensidad y frecuencia de las heladas como por la falta de humedad, condiciones que determinan una sola estación anual de cultivo. La época normal de siembra coincide, entonces, con el comienzo en primavera de las lluvias necesarias para la preparación del suelo y la siembra, ya sin el peligro de ocurrencia de heladas perjudiciales. Gran parte de los cultivos con umbral térmico de 10°C, son capaces de resistir heladas de poca intensidad sin mayor daño en la etapa inicial de crecimiento. Por

tal motivo, la carta de la Figura 5 (a) señala la duración que adquiere el bioperíodo de 10°C si se considera solamente la parte que se superpone con el período medio libre de heladas. La duración del bioperíodo de 10°C que resultaría de esta manera se podría llamar "efectivo" o "libre de heladas". La carta de duraciones de la figura 4 (a) podría reservarse entonces para aquellas especies de este grupo con mayor resistencia a heladas o, por lo menos, capaces de soportarlas sin daños importantes.

Al comparar las cartas de las Figuras 4 (a) y 5 (a) referentes a las duraciones del bioperíodo de 10°C total y sin heladas, puede observarse como en la casi totalidad del territorio continental argentino la duración del bioperíodo efectivo es siempre menor, porque las fechas medias de primeras y últimas heladas se corresponden a temperaturas normales del aire superiores a los 10°C, es decir, el bioperíodo de 10°C libre de heladas queda incluido dentro del bioperíodo total. De tal manera, la carta 5 (a) equivale directamente a las duraciones del período medio libre de heladas o estación de cultivo, señalando apreciables reducciones en la extensión del bioperíodo de 10°C que alcanzan a tres meses en la parte central del país.

Las Figuras 4 (b) y 5 (b) muestran la disponibilidad en sumas de temperaturas efectivas mayores de 10° que ofrece el territorio continental argentino a los cultivos del grupo bioclimático de requerimiento calórico intermedio, según sea su tolerancia a heladas durante los períodos críticos de comienzo y fin del ciclo vegetativo. Puede observarse que en la amplia región donde el bioperíodo de 10°C libre de heladas dura más de 150-160 días y cuyo límite meridional podría señalarse por el Río Colorado, las sumas de temperaturas residuales sobre 10° superan siempre los 1.800°C, alcanzando los 5.000°C en el noroeste cálido. La amplia disponibilidad calórica regional indicada por estas cifras debe considerarse suficiente para satisfacer con holgura las variadas exigencias de las especies que integran este grupo de cultivos.

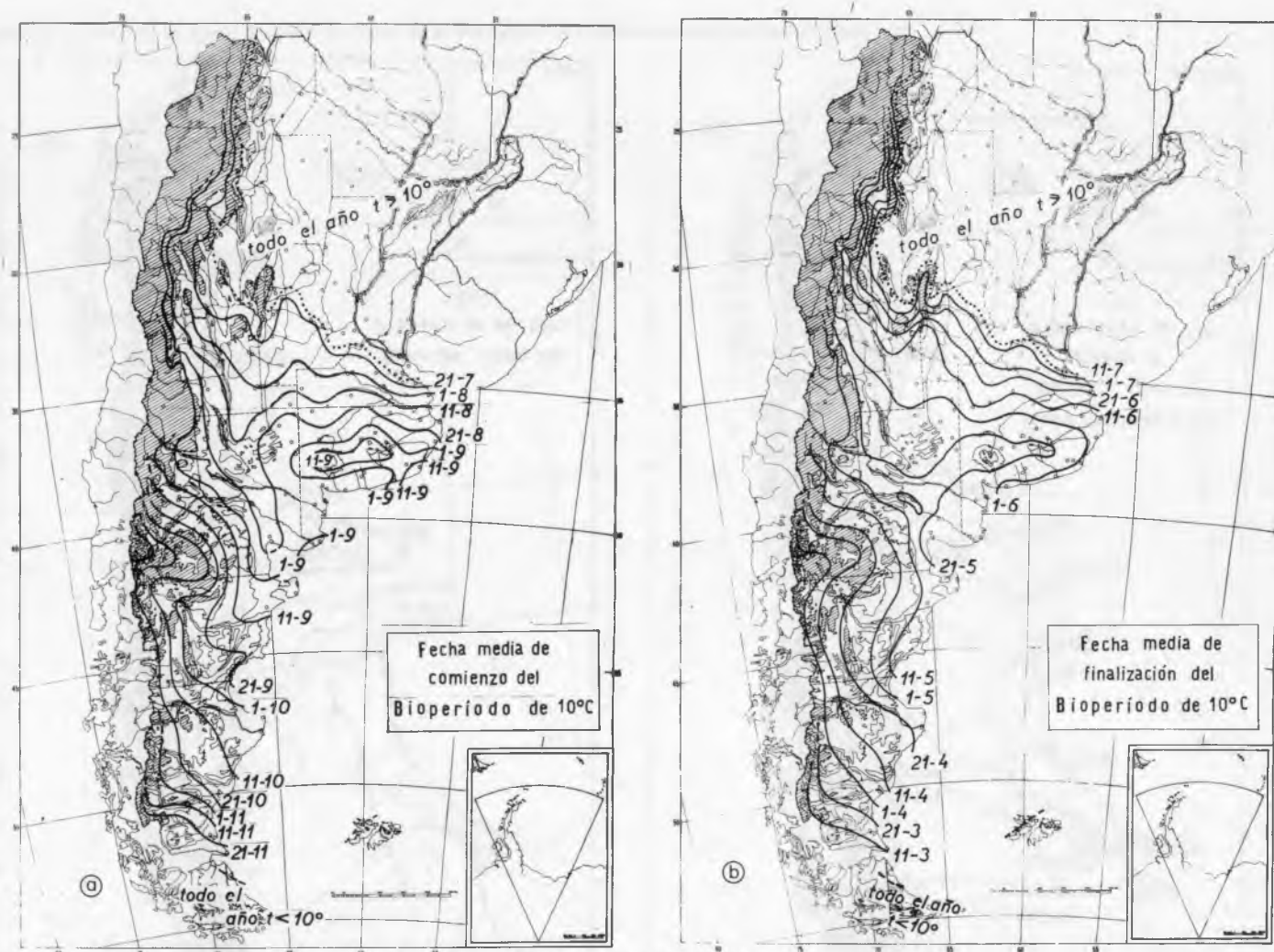


Figura 3: Bioperíodo de 10°C. a) Fecha media de comienzo, b) Fecha media de finalización.

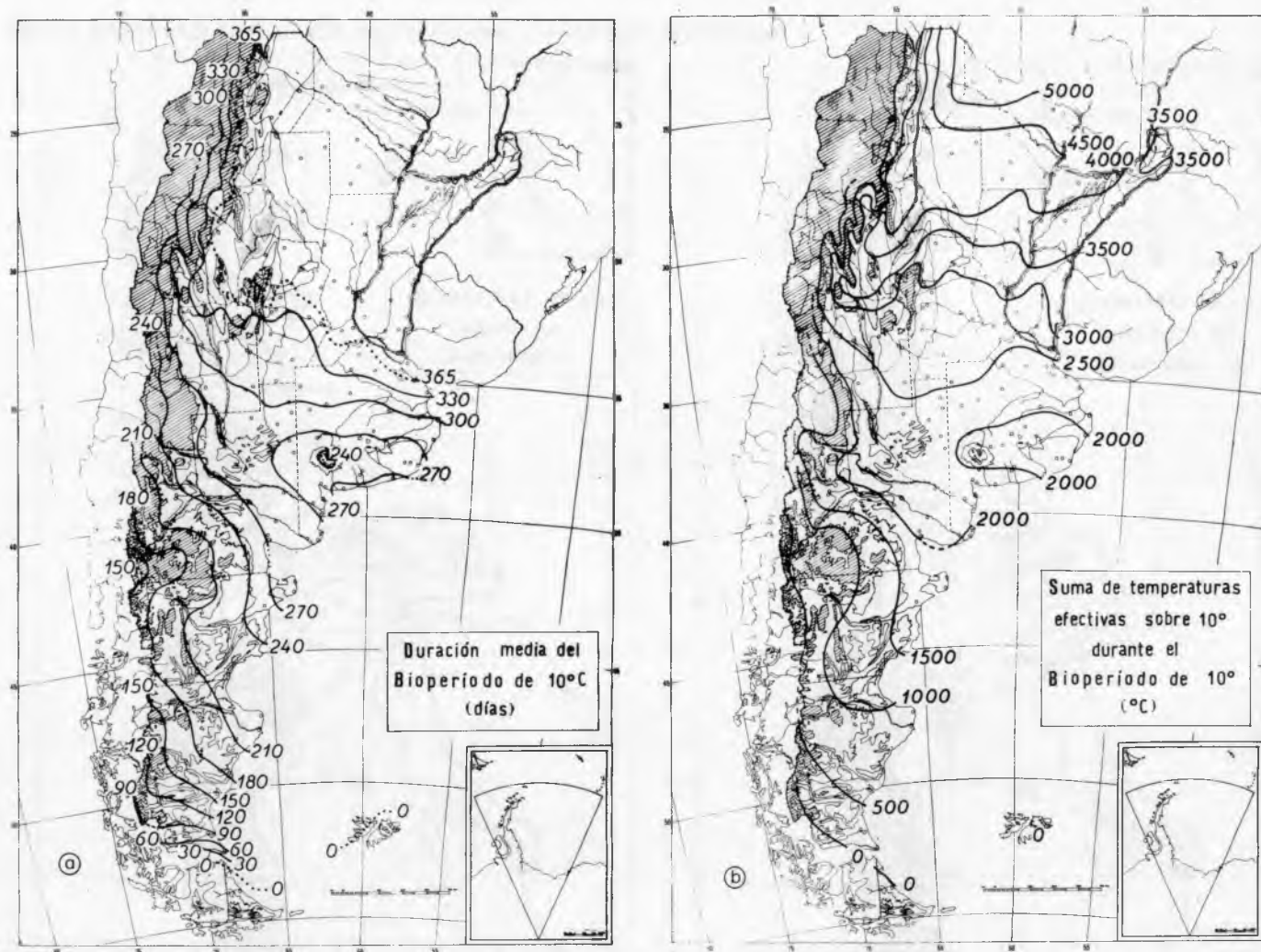


Figura 4: Bioperiodo de 10°C. a) Duración media en días; b) Suma de temperaturas efectivas sobre 10°C.

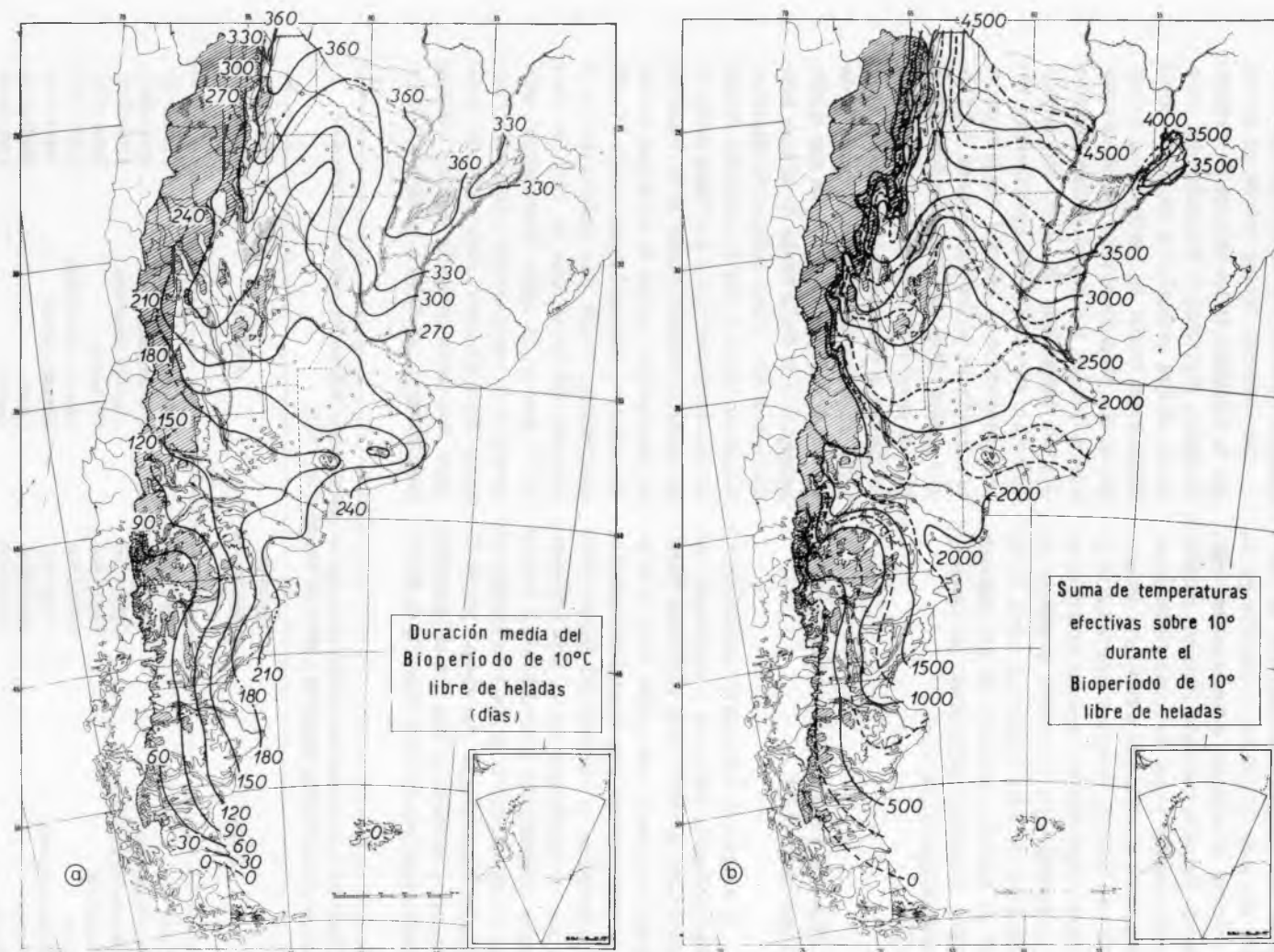


Figura 5: Bioperíodo de 10°C libre de heladas. a) Duración media en días; b) Suma de temperaturas efectivas mayores de 10°C.

En el Cuadro 1 se reproduce información correspondiente a requerimientos en sumas de temperaturas mayores de 10°C para una serie de cultivos. A pesar de que en la nómina se incluyen conjuntamente especies de distintos umbrales térmicos iniciales de crecimiento y que las sumas térmicas corresponden a variedades o cultivares desarrollados en Europa, permiten comprobar la favorable disponibilidad calórica existente en la Argentina para el cultivo irrestricto de cualquiera de tales especies al norte de los 40° de latitud, a condición de que regionalmente encuentren satisfechos sus otros requerimientos bioclimáticos.

3. Duración y disponibilidad calórica del bioperíodo de 15°C

Las cartas de la Figura 6 muestran las fechas medias de iniciación y terminación del bioperíodo de 15°C en la Argentina. Puede observarse que en una amplia zona de la región septentrional este bioperíodo adquiere características de continuidad durante todo el año, constituyendo así un área con excelentes posibilidades para cultivos y forrajes pertenecientes al grupo bioclimático de especies megatérmicas. Así mismo, puede advertirse la carencia de días con temperaturas medias mayores de 15°C más allá de la lati-

tud de 48°S y que el área con más de 150-160 días de duración de este bioperíodo se extiende hasta los 40°S, aproximadamente.

Sin embargo, deberá tenerse en cuenta que la totalidad de los cultivos de cosecha, forrajes, hortícolas y frutícolas que reconocen niveles próximos a los 15°C como temperatura inicial de crecimiento, presentan en esta etapa de su ciclo una alta sensibilidad a heladas, por la cual, la duración efectiva del bioperíodo de 15°C con sentido agrícola o para aplicación agroclimática, deberá computarse en relación con la respectiva duración del período sin heladas. Además, este período libre sin heladas no deberá limitarse al comprendido entre las fechas medias de últimas y primeras heladas, sino al lapso entre fechas que signifiquen un riesgo de daño menor; tal podría ser aquel que resulte agregando a la fecha media de últimas heladas tantos días como indique su respectiva desviación típica y, por lo contrario, restando una desviación típica a la fecha media de las primeras heladas. Como en la Argentina las desviaciones típicas de las fechas medias de primeras y últimas heladas son de 15 a 30 días (Burgos, 1963), esto significa acortar la duración del bioperíodo de 15°C en unos 30-35 días en la región septentrional, algo menos en la región central y nada en la Patagonia. Esta diferente adecuación del lapso anual realmente utilizable por los cultivos megatérmicos, se debe a la diferente dura-

CUADRO 1: Requerimientos calóricos de algunos cultivos según Selyaninov, computando suma de temperaturas efectivas superiores a 10°C (de Ventskevich, 1961).

Cultivo	Suma de temperaturas °C	Cultivo	Suma de temperaturas °C
Colza	700-900	Remolacha azucarera	2200-2400
Papa temprana	900-1000	Vid temprana	2500-2800
Remolacha hortícola	1200-1500	Algodón temprano	2700-3000
Zanahoria	1200-1500	Vid tardía	3000-3500
Lino	1500-1700	Algodón intermedio	3200-3600
Trigo primaveral	1700-1900	Algodón tardío	3600-4000
Tomate	1800-2000	Citrus	4000-4500
Pepino	1900-2200	Datilera	4500-5000
Maíz (cultivares intermedios)	2000-2300		

ción de ambos bioperíodos, el de 15°C total y el correspondiente al período libre de heladas corregido según fue mencionado. En el norte del país donde el bioperíodo de 15°C se extiende prácticamente los 365 días del año, la menor duración del período libre de heladas establece la reducción del bioperíodo efectivo de 15°C; en la región central ambos bioperíodos son equivalentes y, al efectuar la misma comparación en la Patagonia, la menor duración del bioperíodo de 15°C es el que determina la extensión del bioperíodo efectivamente libre de temperaturas mínimas perjudiciales.

Las duraciones indicadas para el norte en la Figura 7 (a) podrían discutirse por la ocurrencia en la región de años sin heladas, pero pueden aceptarse como adecuadas para expresar el verdadero período de cultivo de estas especies muy termófilas que son intolerantes, no sólo a heladas sino también a períodos de bajas temperaturas invernales, como las que allí ocurren todos los años.

La disponibilidad calórica regional en este bioperíodo efectivo queda indicada en la carta de la Figura 7 (b). Cultivos muy exigentes, como el algodón, podrían desarrollarse dentro del área con más de 1.750°C, valor que aproximadamente se corresponde en la Argentina con la isólinea de 3.000°C de suma de temperaturas mayores de 10°C que, para algunos autores, señalaría la disponibilidad calórica mínima para esta especie agrícola (Cuadro 1); su siembra podrá realizarse en seco o bajo riego, según las disponibilidades hidrológicas regionales.

Otras especies de menor exigencia o sus cultivares de ciclo más corto, podrían alcanzar áreas más australes, prácticamente hasta el norte de la Patagonia, donde se totalizan unos 1.000°C de temperaturas efectivas mayores de 15°C en aproximadamente 150 días de bioperíodo efectivo. Esto sería posible a condición de que no existieran otras desfavorabilidades bioclimáticas que impedirían su cultivo; tal es el caso de la soja, posible de extender a zonas con solamente poco

más de 600°C de temperaturas efectivas (Pascale, 1969), si la temperatura media del mes más caliente supera los 20°C y el período libre de heladas es suficientemente largo como para permitir la maduración de los cultivares más precoces.

CONCLUSIONES

Los principales aspectos regionales que presentan en la Argentina tanto la duración de los bioperíodos térmicos favorables para los distintos grupos bioclimáticos de especies agrícolas, como las acumulaciones de temperaturas disponibles durante los mismos, permiten resumir:

- 1) Resaltan las condiciones térmicas favorables que ofrece el país para el crecimiento de cultivos invernales, con una duración del bioperíodo de 5°C siempre mayor a los 7 meses y continuo durante todo el año al norte de la Patagonia. Durante este bioperíodo se totalizan sumas de temperaturas efectivas sobre 5°C que complementan con holgura las necesidades de las especies de este grupo. En la mayor parte del país la condición hídrica y no la térmica es la limitante para el crecimiento de estos cultivos.
- 2) Puede destacarse asimismo la excelente aptitud del territorio argentino en lo referente a condiciones térmicas propicias para el crecimiento de especies anuales de siembra primaveral, o perennes de reinicio vegetativo primaveral, integrantes del grupo bioclimático de cultivos de verano. La estación de crecimiento se corresponde con el bioperíodo de 10°C para cultivos de menor exigencia calórica como girasol y maíz o, con el bioperíodo de 15°C para los más termófilos, como sorgo o algodón. Para unos y otros la duración efectiva del bioperíodo libre de heladas y la disponibilidad hídrica pasan a constituirse en factores esenciales para la correcta ubicación regional de los cultivares existentes.

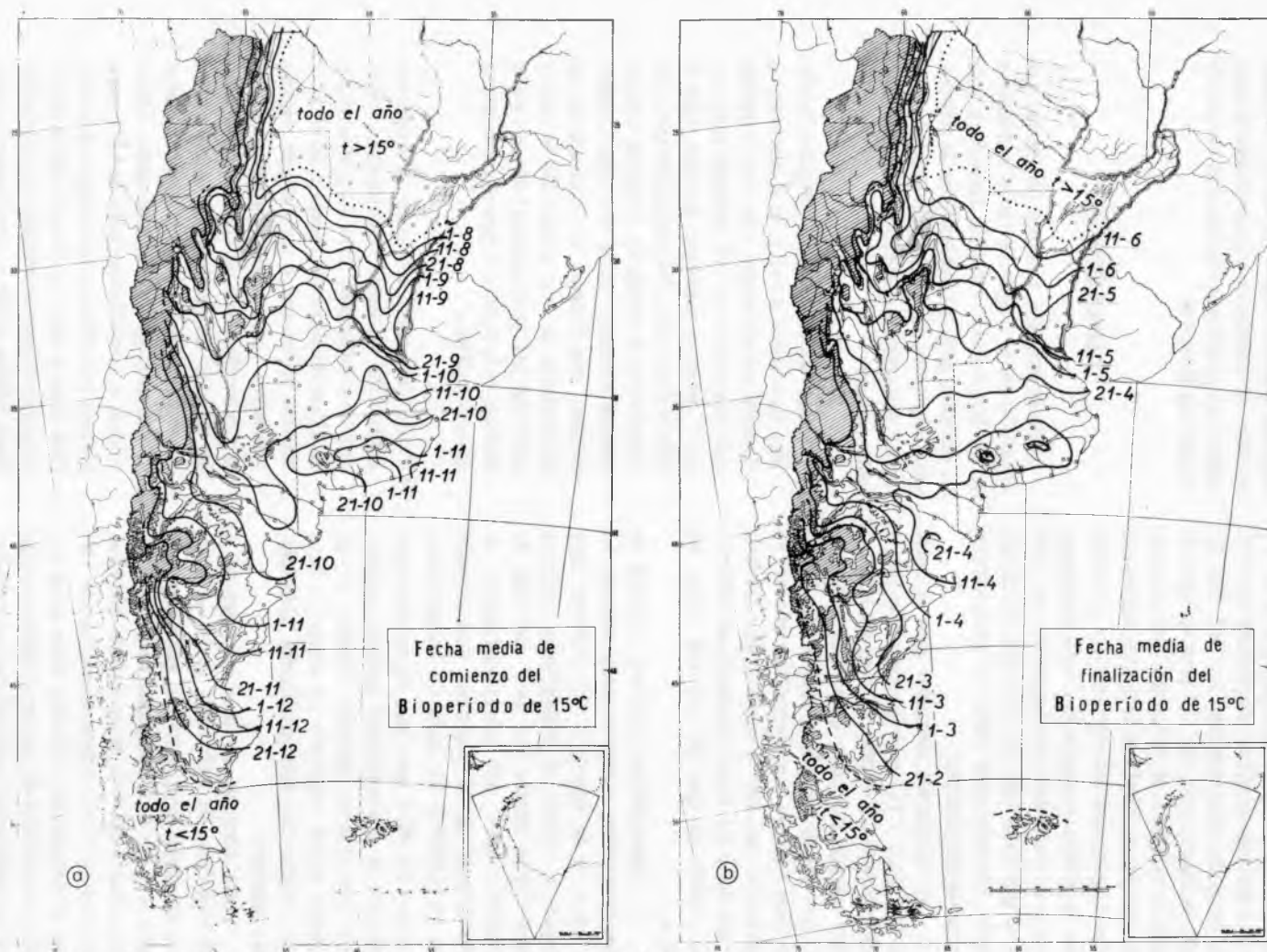


Figura 6: Bioperíodo de 15°C. a) Fecha media de comienzo; b) Fecha media de finalización.

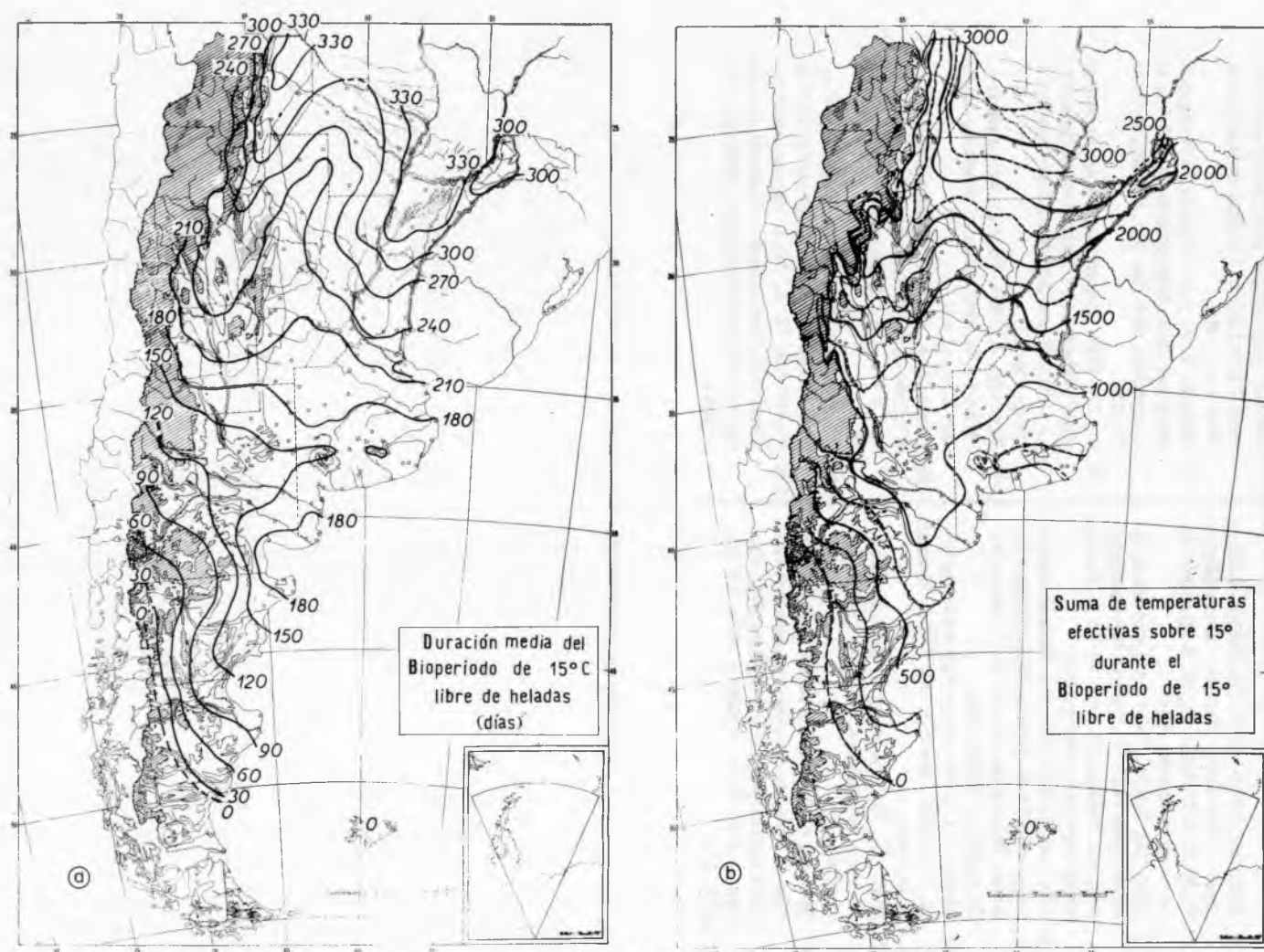


Figura 7: Bioperíodo de 15°C libre de heladas. a) Duración media en días considerando las desviaciones típicas de las fechas medias de primeras y últimas heladas; b) Suma de temperaturas efectivas mayores de 15° en el período indicado en a)

BIBLIOGRAFIA

- 1) Argentina, S.M.N., 1958. Estadísticas climatológicas 1941-1950. Servicio Meteorológico Nacional. Publicación B1, No 3, Ministerio de Aeronáutica, Buenos Aires.
- 2) Argentina, S.M.N., 1972 (a). Estadísticas climatológicas 1951-60. Servicio Meteorológico Nacional. Publicación Serie B, No 6. Fuerza Aérea Argentina, Buenos Aires.
- 3) Argentina, S.M.N., 1972 (b). Normales climatológicas 1931-60. Servicio Meteorológico Nacional. Publicación serie B No 7. Fuerza Aérea Argentina, Buenos Aires.
- 4) Burgos, J. J., 1963. Las heladas en la Argentina. Colección científica del INTA. Buenos Aires, 388 p.
- 5) Daigo, Y., 1957. A study on the agroclimate of Japan. *Geophysical Magazine*, Tokyo, 28 (2): 149-236.
- 6) Damario, E. A. y A. J. Pascale, 1971. Estimación de suma de temperaturas efectivas normales para estudios agroclimáticos. *Rvta. Fac. Agr. y Vet. Univ. de Buenos Aires*, 19 (3): 109-124.
- 7) Damario, E. A. y A. J. Pascale, 1973. Fechas medias de primeras y últimas temperaturas mínimas perjudiciales para los cultivos. Proyecto I.B.P. 120/70. Facultad de Agronomía. UBA. 10 p. y fig.
- 8) Damario, E. A. y A. J. Pascale, 1974. Agroclimatología de las disponibilidades calóricas en la Argentina. *Rev. Fac. Agr. La Plata*, 50 (1-2): 103-128.
- 9) F.A.O., 1978. Report on the agroecological zones project. Vol. 1 Methodology and results for Africa. World Soil Resources. Report 48, 158 p. y tablas.
- 10) Papadakis, J., 1954. Ecología de los cultivos, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Argentina, Tomos I y II.
- 11) Pascale, A. J., 1969. Tipos agroclimáticos para el cultivo de la soja en la Argentina. *Rvta. Fac. Agr. y Vet. Univ. de Buenos Aires*, 17 (3): 31-48.
- 12) U.S. Dep. Agr., 1941. Climate and Man. Yearbook of Agriculture. Washington, D.C. 1248 p.
- 13) Ventskevich, G. Z., 1961. Agrometeorology. Translated from Russian. Published for the National Sciences Foundation, Washington D C. 300 p.